

Transformation non linéaire des distances

Une solution au problème des violations d'inégalités
triangulaires dans les systèmes de coordonnées ?

François Cantin

CFIP 2009, Octobre 2009, Strasbourg

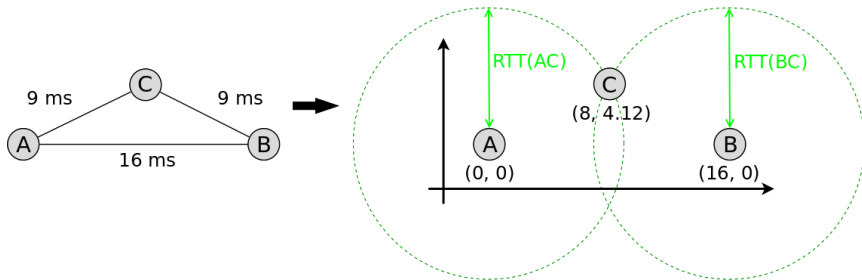


Table des Matières

- 1 Systèmes de coordonnées
- 2 Violations du principe d'inégalité triangulaire
- 3 Transformations non-linéaires
- 4 Conclusions

Systèmes de coordonnées

Un ICS (Internet Coordinate System) associe une coordonnée dans un espace métrique à chaque nœud d'un réseau.



Une *estimation* du RTT (Round Trip Time) entre n'importe quels nœuds peut être obtenue en calculant la distance entre les coordonnées de ces nœuds dans l'espace métrique.

Systèmes de coordonnées

Un grand nombre d'ICS ont déjà été proposés.

ICS utilisant des balises :

- NPS (Network Positioning System)
- GNP (Global Network Positioning)
- Lighthouse
- ...

ICS décentralisés :

- **Vivaldi**
- BBS (Big Bang Simulation)

Vivaldi

Vivaldi est un système de coordonnées assez répandu.

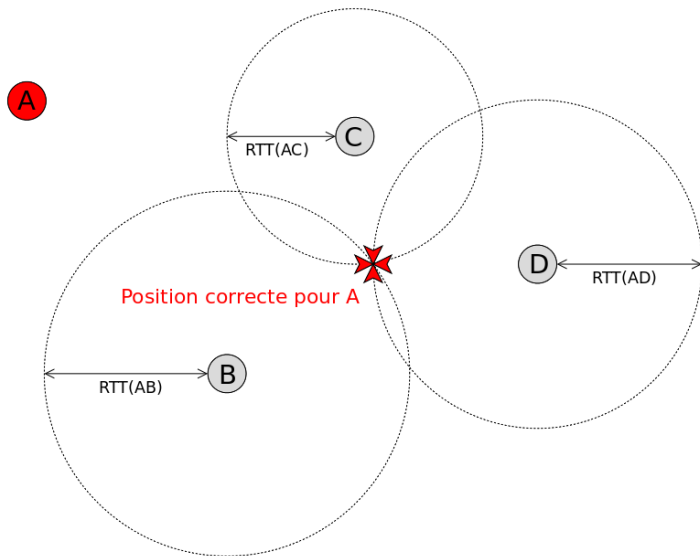
Chaque nœud calcule ses propres coordonnées en réalisant des mesures avec un petit nombre d'autres nœuds (typiquement 32) : ses **voisins**.

Un nœud met à jour ses coordonnées après chaque mesure réalisée avec un de ses voisins.

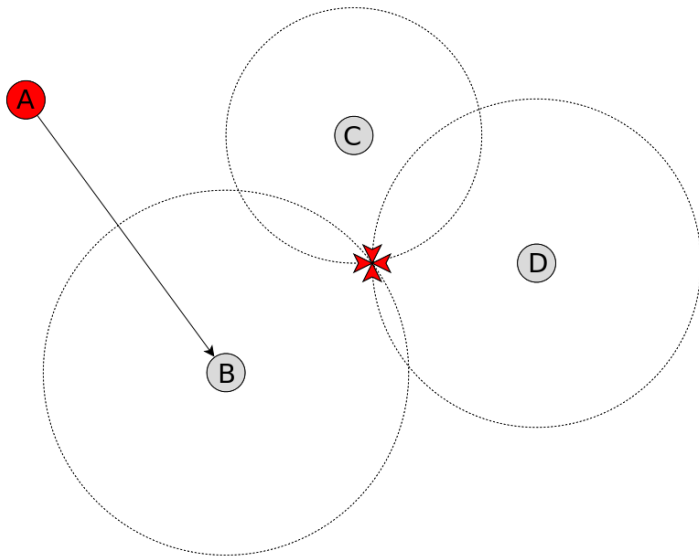
Il modifie ses coordonnées afin de réduire la différence entre :

- le RTT qu'il vient de mesurer
- l'estimation de ce RTT obtenue à l'aide des coordonnées

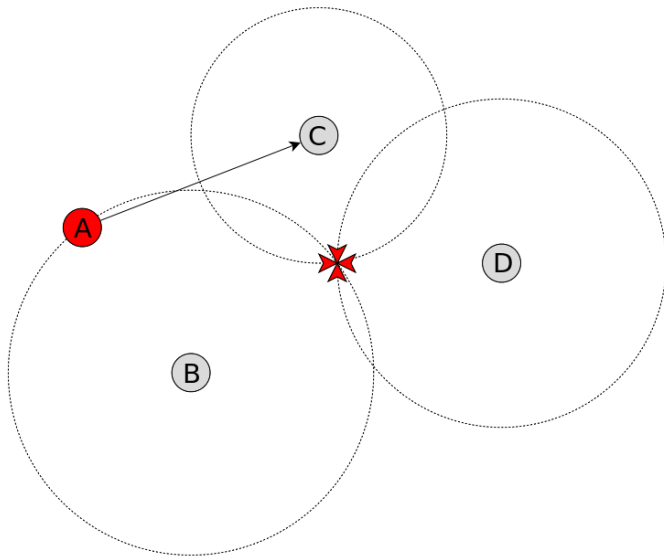
Vivaldi : Exemple



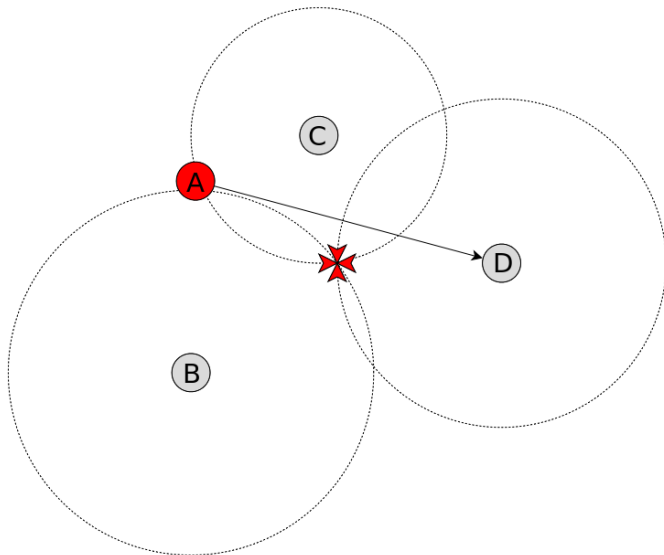
Vivaldi : Exemple



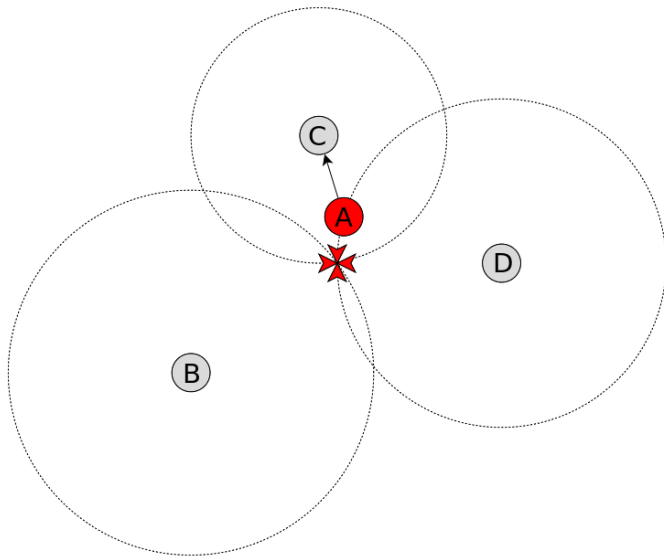
Vivaldi : Exemple



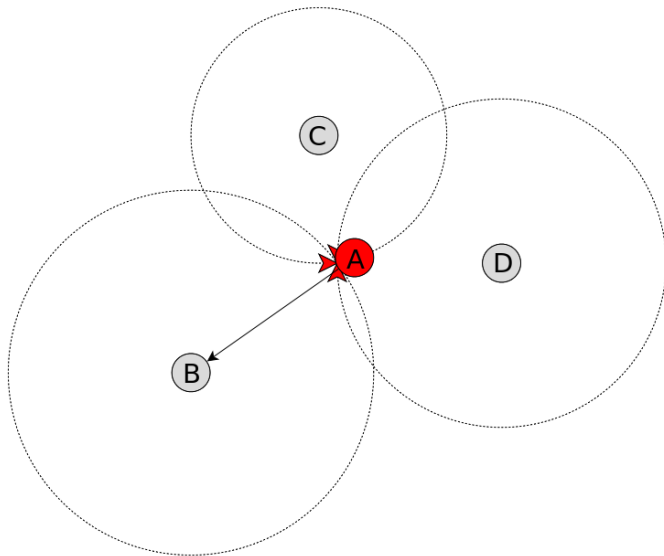
Vivaldi : Exemple



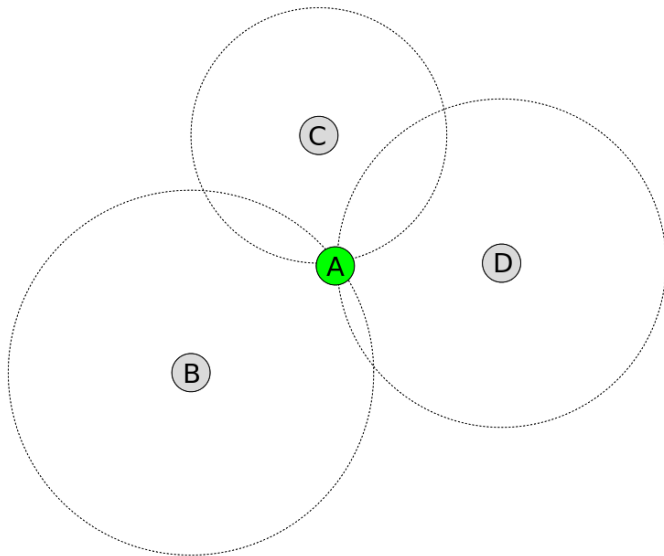
Vivaldi : Exemple



Vivaldi : Exemple



Vivaldi : Exemple



Vivaldi : Exemple

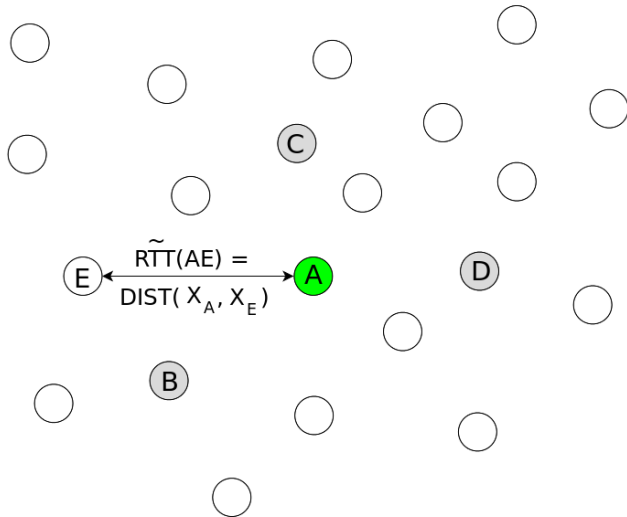


Table des Matières

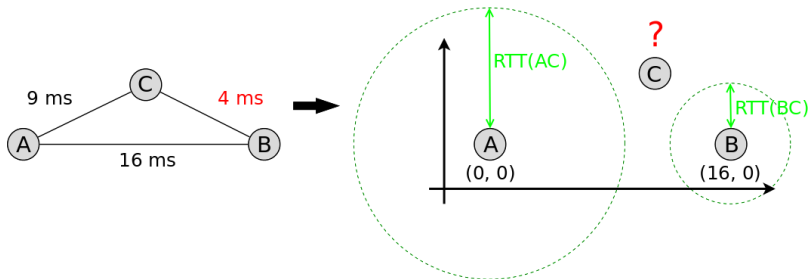
- 1 Systèmes de coordonnées
- 2 Violations du principe d'inégalité triangulaire
- 3 Transformations non-linéaires
- 4 Conclusions

Violations du principe d'inégalité triangulaire

Il existe une violation du principe d'inégalité triangulaire (**TIV** - Triangle Inequality Violation) de base AB entre trois nœuds A , B et C si

$$RTT(AB) > RTT(AC) + RTT(CB)$$

Exemple : il y a une TIV car $16ms > 9ms + 4ms$



Impossible de trouver des coordonnées donnant une estimation exacte pour chaque lien \Rightarrow **erreurs d'estimation.**

Les TIV dans les réseaux

Nous utilisons trois matrices de délais construites à partir de mesures réalisées dans des réseaux existants :

- P2PSim : 1740 nœuds
- Meridian : 2500 nœuds
- Planetlab : 180 nœuds

Pourcentage de chemins entre deux nœuds qui sont la base d'au moins une TIV :

- P2PSim : 86%
- Meridian : 97%
- Planetlab : 67%

⇒ La présence de TIV dans les réseaux n'est pas négligeable.

Table des Matières

- 1 Systèmes de coordonnées
- 2 Violations du principe d'inégalité triangulaire
- 3 Transformations non-linéaires**
- 4 Conclusions

Transformations non-linéaires

Plusieurs approches ont déjà été proposées afin de limiter l'impact des TIV sur la qualité des estimations :

- approche hiérarchique,
- sélection particulière de voisins,
- ...

Ces approches ne répondent pas au problème de base : la situation n'est pas représentable dans un espace métrique.

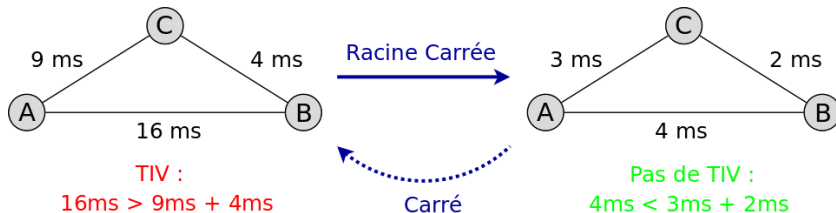
Une approche¹ récemment proposée consiste à utiliser des **transformations non-linéaires** afin de rendre la situation représentable dans un espace métrique.

¹Wang X., Chen Y., Deng B., Li X., "Nonlinear Modeling of the Internet Delay Structure", Proc. of ACM CoNext Student Workshop, Madrid, Spain, December 2008.

Transformations non-linéaires

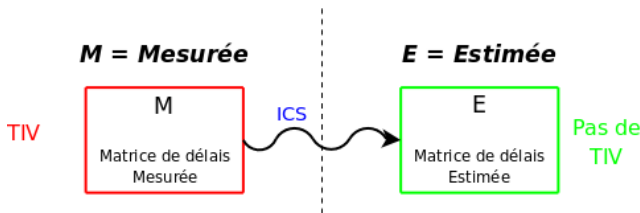
L'idée est d'appliquer une transformation non linéaire (par exemple, une racine carrée) aux délais mesurés afin d'éliminer les TIV.

Exemple :



Transformations non-linéaires

Avec un Vivaldi “classique” :



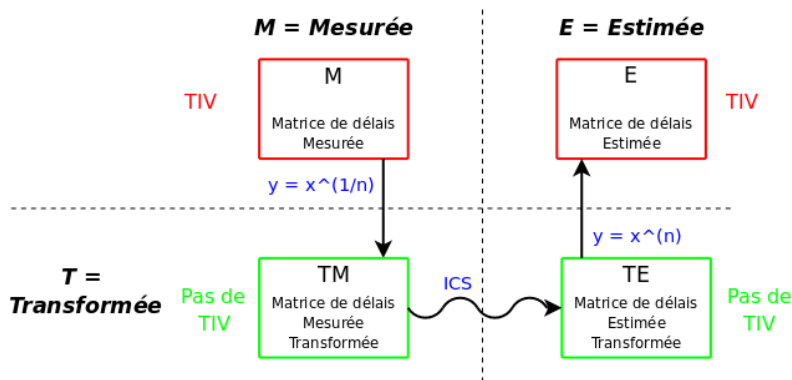
On utilise un sous ensemble² des valeurs de la matrice M pour obtenir la matrice E .

Il n'y a jamais de TIV dans la matrice E .

²Les mesures entre les nœuds et leurs voisins.

Transformations non-linéaires

Avec les transformations non-linéaires :

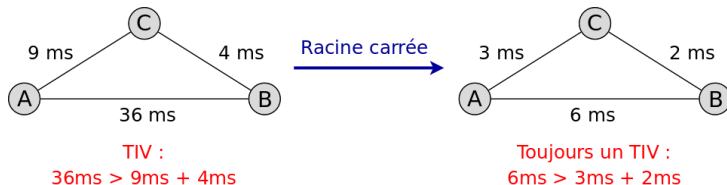


S'il n'y a pas de TIV dans la matrice **TM**, la matrice **TE** peut en être une reproduction exacte. Donc, la matrice **E** peut être une reproduction exacte de la matrice **M**.

Transformations non-linéaires

Elimination des TIV

Parfois, appliquer une racine carrée n'est pas suffisant :



Nous allons travailler avec des transformations de la forme

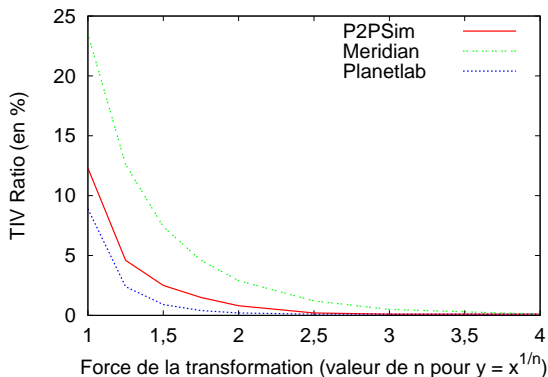
$$y = x^{1/n}$$

avec différentes valeurs pour le paramètre n .

Transformations non-linéaires

Elimination des TIV

Pourcentage de triplets de nœuds qui sont des TIV :



Transformations non-linéaires

Elimination des TIV

Transformation “Aucun TIV” : la plus petite valeur de n , telle que $y = x^{1/n}$ élimine tous les TIV de la matrice, est

- $n = 9$ pour P2PSim.
- $n = 11$ pour Meridian.
- $n = 6$ pour Planetlab.

Transformations non-linéaires

Qualité des estimations

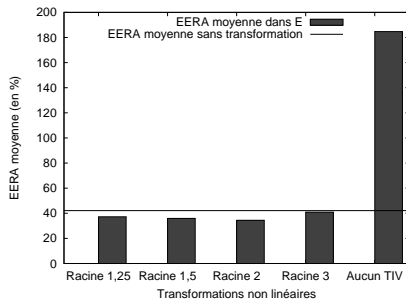
Pour quantifier la qualité des estimations, nous allons utiliser la valeur absolue de l'erreur d'estimation relative *EERA*.

Pour un chemin entre deux nœuds *A* et *B*, nous avons :

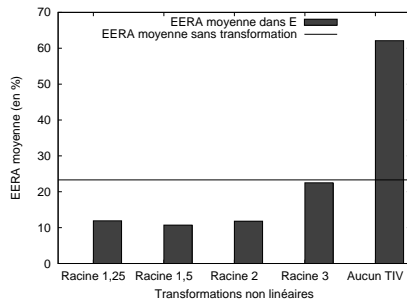
$$EERA(AB) = \left| \frac{\widetilde{RTT}(AB) - RTT(AB)}{RTT(AB)} \right|$$

Transformations non-linéaires

Qualité des estimations



(a) Meridian

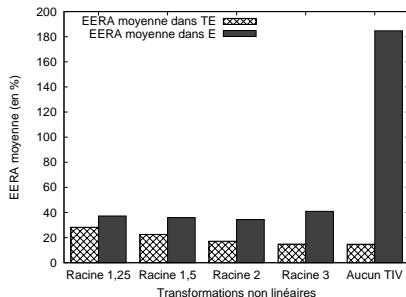


(b) Planetlab

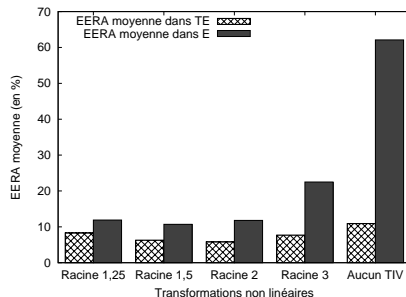
Les transformations faibles donnent les meilleurs résultats.

Transformations non-linéaires

Qualité des estimations



(a) Meridian



(b) Planetlab

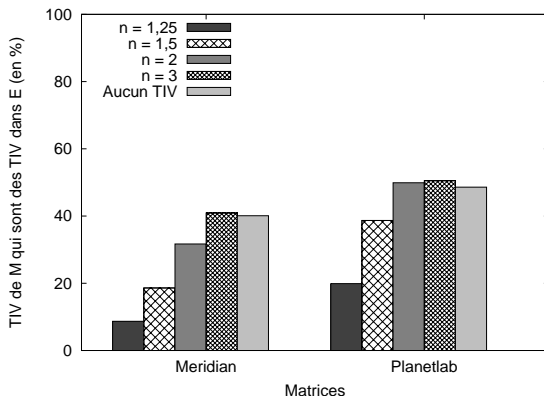
Même sans TIV dans la matrice TM, il y a des erreurs d'estimation dans la matrice TE.

Lors de la transformation inverse $x = y^n$, l'EERA de la matrice TE est multipliée par n dans la matrice E.

Transformations non-linéaires

TIV dans la matrice E

Pourcentage de liens qui sont des bases de TIV dans la matrice E parmi ceux qui sont des **bases de TIV** dans la matrice M :



Transformations non-linéaires

TIV dans la matrice E

Pourcentage de liens qui sont des bases de TIV dans la matrice E parmi ceux qui ne sont **pas des bases de TIV** dans la matrice M :

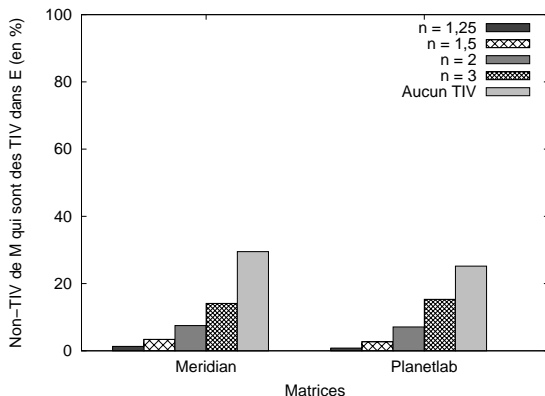


Table des Matières

- 1 Systèmes de coordonnées
- 2 Violations du principe d'inégalité triangulaire
- 3 Transformations non-linéaires
- 4 Conclusions**

Conclusions

L'utilisation de transformations non-linéaires (faibles) permet d'améliorer la qualité des estimations obtenues.

Mais les transformations non-linéaires ne sont pas LA solution au problème des TIV pour les systèmes de coordonnées.

Il est possible d'envisager d'autres transformations que des racines mais, pour obtenir une estimation exacte de la matrice M , il faut :

- que la matrice TM ne contienne aucun TIV et
- que les estimations de cette matrice soient exactes.

Comme les TIV ne sont pas la seule source d'erreur pour les ICS, il est peu probable d'obtenir un tel résultat.